

コンクリート補修施工時の 技術提案に対する考慮事項

コンクリート・鋼構造物耐久化工法研究会

伊藤 捨雄

目 次

1	はじめに	p.3
2	水掛りによる劣化事例	p.6
3	止水・防水対策	p.8
4	予防保全としての水掛り対策（表面被覆）	p.11
5	劣化因子による断面欠損の発生状況	p.13
6	断面修復工法の考慮と改善	p.19
7	ひび割れ状況に応じた対策	p.21
8	参考文献からの引用	p.22
9	コンクリート構造物の劣化判断	p.24
10	劣化を遅らせる最善な補修とは	p.25
11	おわりに	p.26

1. はじめに

1.1 補修設計時の考慮事項の根拠

- (1) コンクリート内には、空隙が18%
エントラップエア・エンドレインドエア・細孔空隙（練り混ぜ余剰水の蒸発後）
- (2) 空気は10℃の温度変化で9～14%膨張収縮する。
- (3) 1ccの水は1 2 0 0 cc水蒸気になる。
- (4) セメントペーストは移動する水に溶脱する。
- (5) カタログに記載される材料性能は比較的安定した条件下で得られたものであり、実環境とは異なる。
- (6) 繊維混入コンクリート・PCMは水掛り部では摩耗が促進する。
- (7) PCMに用いられるプライマーには、水に溶解するものがある。
- (8) 表面被覆材には耐候性、水蒸気透過性、防水性、透気性等に十分留意する必要がある。

1.2 コンクリート内に空気18%内在し、気温の変化に応じて内在空気が膨張・収縮し、コンクリート内に取り込まれる

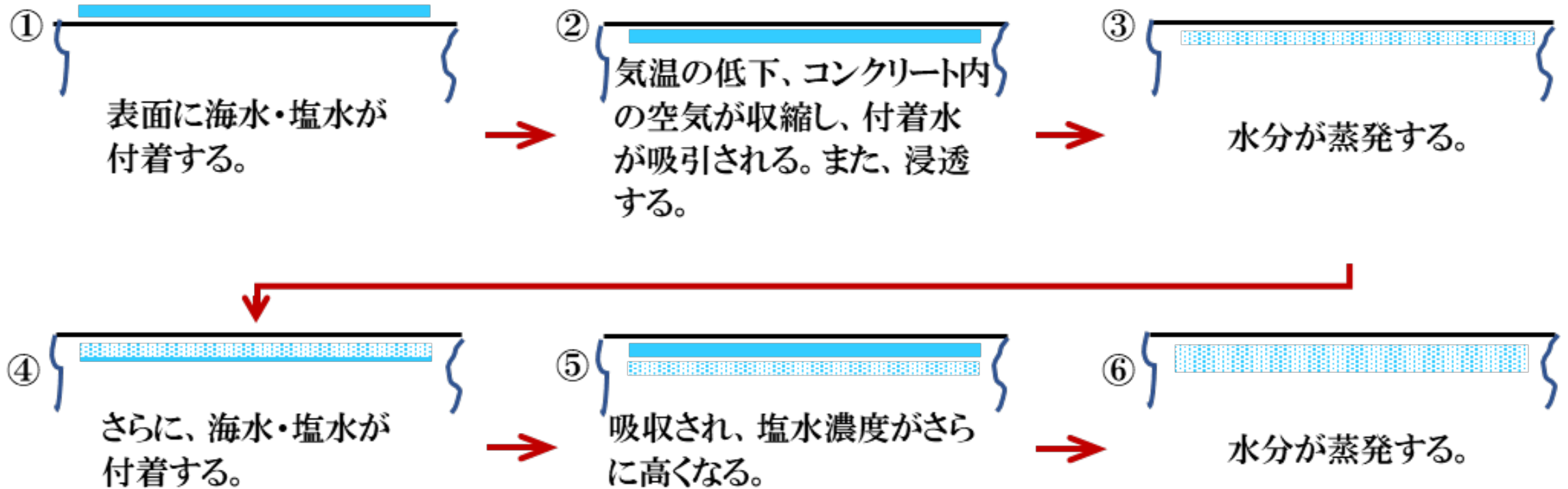


図-1 海水や塩水の拡散・浸透メカニズム

1.3 セメントペーストは水に触れ、凍結・融解の繰返しによりスケーリングが発生し、カルシウムが溶脱する

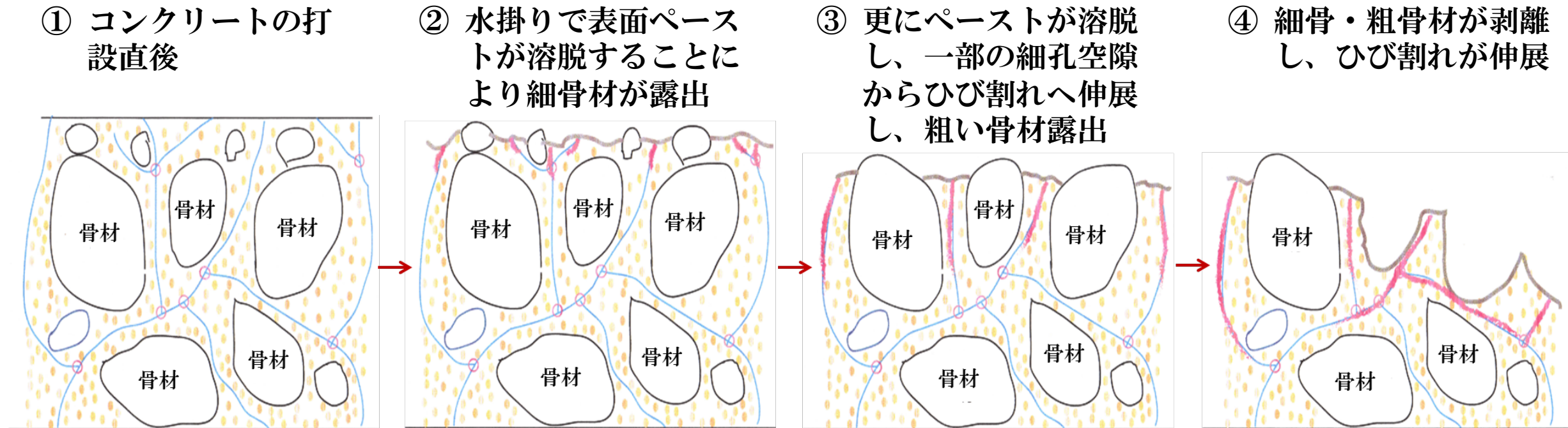


図-2 水掛りで凍結融解によりスケーリングが生じ、カルシウムの溶脱によりコンクリートが劣化進行

2. 水掛りによる劣化事例

気温の降下時に空隙内の空気収縮による負圧で、表面の雨水・海水・融雪剤を含む付着水がコンクリート内に取り込まれ、コンクリートの凍害を促進する。

2.1 劣化事例 (1)



写真-1 スケーリング



写真-2 上面の伸縮装置からの水掛り
によるひび割れ

2.2 事例 (2)



写真-3 上面からの水掛りによるひび割れ



写真-4 水掛りによる凍結ひび割れ、
断面欠損

3. 止水・防水対策

3.1 漏水部・遊離石灰析出部の完全な止水対策 (1)

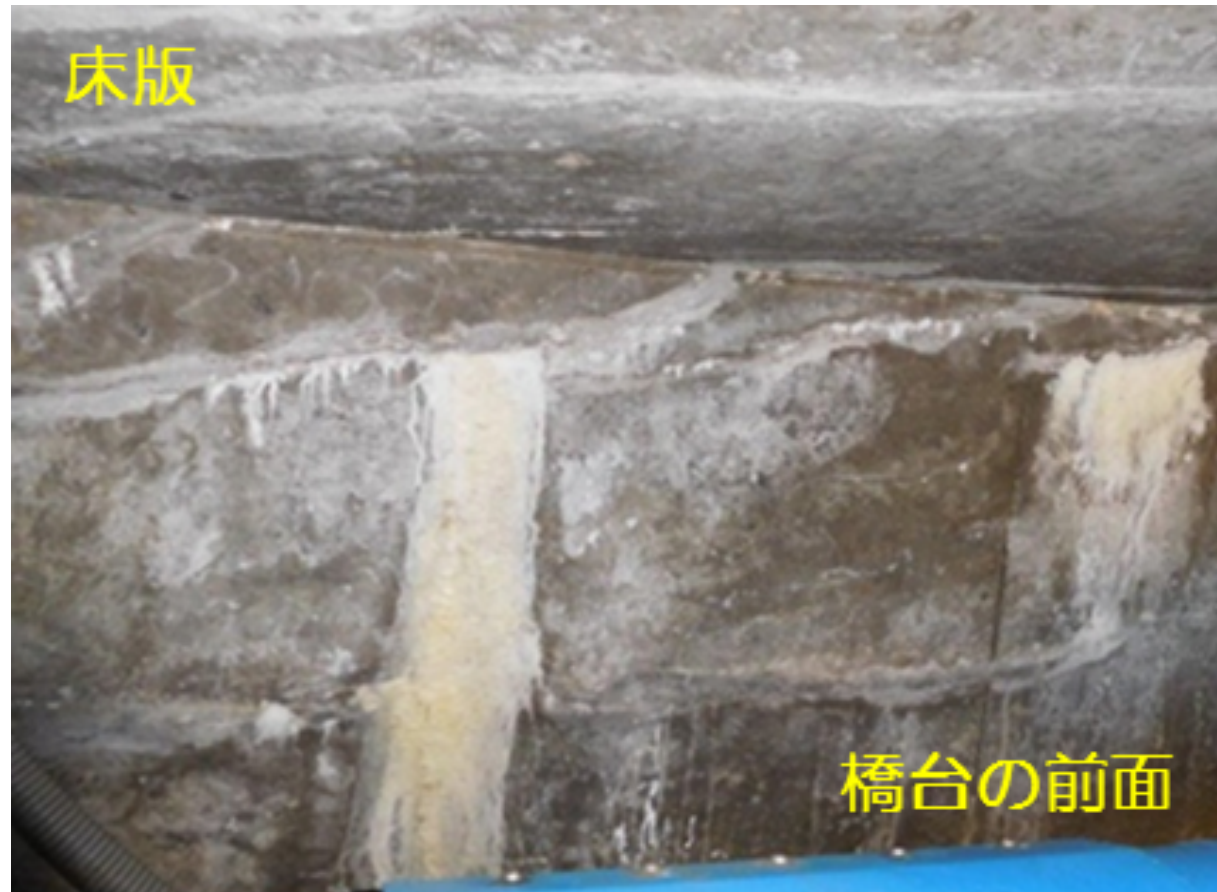


写真-5 橋台上面の伸縮装置からの漏水による遊離石灰の析出

3.2 漏水部・遊離石灰析出部の完全な止水対策 (2)



写真-6 伸縮装置から漏水により補強巻立
コンクリート界面への水の浸透



写真-7 橋台前面のVカット補修部
の漏水と遊離石灰の析出

3.3 コンクリート面修復部・その界面に防水対策



写真-8 鉄筋のかぶり不足による錆汁

補修
→



写真-9 断面修復後に防水材塗布

4. 予防保全としての水掛り対策（表面被覆）

4.1 コンクリート補修箇所の水掛りによる劣化

水掛りによる劣化

← 表面被覆材の塗布

耐候性、水蒸気透過性、
透湿性、防水性、透気性、
付着性の材料性能に留意

断面欠損の進展を防止



写真-10 被覆材の剥離・剥落

4.2 ひび割れ対策（繊維混入）

繊維混入補修モルタルは流水部・水掛りの下流側で摩耗

補修モルタルの
繊維混入



ひび割れ対策
に有効



- 透水量が多くなるため凍害の促進
- 流水部や水掛りの下流側で摩耗が進行

*PCMに混入され断面修復や用水路の表面被覆としても用いられている。



写真-11 摩耗により繊維露出

5. 劣化因子による断面欠損の発生状況

5.1 凍害（凍害ひび割れを含む）

原因

水掛り（漏水を含む）による移動水に触れることで、セメントペーストが溶脱するとともに、浸透した水が凍結融解を繰り返す。

症状

溶脱により強度が低下し、やがて断面欠損が生じる。

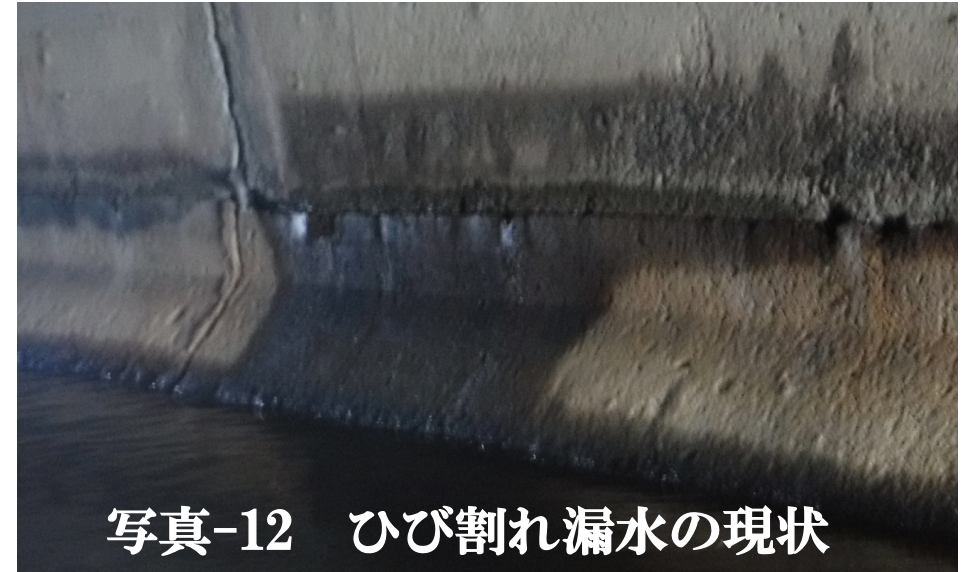


写真-12 ひび割れ漏水の現状



写真-13 ひび割れの止水材の注入

5.2 流水による劣化

原因

流水による摩耗（キャビテーション）流水中に含まれる砂礫分による擦り磨き摩耗が生じる。

症状

セメントペーストの溶脱により骨材露出や断面欠損が生じる

5.3 塩害・中性化による劣化

原因

塩分含有・中性化したコンクリートに水が浸透することで鉄筋の発錆・腐食が生じる。

症状

錆が膨張することで、はじめはコンクリートにクリープひび割れが生じ、やがて剥落、剥落の損傷が生じる。

但し、塩分濃度が発錆限界値、腐食限界値を超えても被り厚が確保され、PH 9 以上で水の供給がなければ起動しない。

5.4 被り不足

原因

施工不良により生じる。

症状

温度伝導のタイムラグなどにより生じたひび割れから供給された水によって、鉄筋が腐食し、近傍が剥落する。



写真-14 被り不足のため鉄筋が露出

5.5 衝突

原因

外的物体による衝突または接触で急激な外力が加わって生じる。

症状

外力（外的部材）による衝突荷重によりコンクリートの圧縮破壊及び鉄筋の破断により亀裂、剥離、欠損が生じる。

5.6 ASR

原因

水酸化アルカリと反応する骨材によって生成されるアルカリシリカゲルの吸水膨張によって生じる。

症状

アルカリシリカゲルの容積膨張によってひび割れが生じる。

6. 断面修復工法の考慮と改善

6.1 劣化部の確認方法の現状

確認方法

コア抜きでは、劣化深さの確認は出来ていない。

研り範囲

補修設計は、全ての劣化部を除去するとなっている。
それは、過剰な研りになる。

研り方法

ピック

微細ひび割れが発生する。

Water Jet

- 施工費が高い。
- 人によって施工に差が出る。
- ウォータージェットでも研れない部分がある。
- 残したい部分も研れてしまう。

6.2 断面修復に用いられる補修材の性状とその効果

性状

- ①全ての補修材は若干収縮 ⇒ 早期再劣化
- ②早期強度発現するもの⇒基材を剥離・自らも剥離する場合もある。
- ③繊維入りは、透水量が多くなり、凍害、摩耗が促進する。
- ④漏水に対して効果がない。
- ⑤プライマーには加水分解するものがある。

※ 現時点では、断面修復しても一時的な性能回復の確保しか得られていない。

※ 劣化進行抑制（予防保全）になっていない。

効果

- ①美観の回復、断面修復材が劣化するまでの劣化遅延

実状

- ①補強や一体化の性能は得られない。
- ②劣化因子は遮断しない。
- ③再劣化が速い。

7. ひび割れ状況に応じた対策

性能に影響があるひび割れには、要求性能に応じた対策を構ずる。

(1)	水掛りなし	基本的に対策の必要はない。(美観の回復が必要な場合のみ)
(2)	水掛りあり	
	◇	原則として止水の要対策 ①漏水・遊離石灰析出部はどんな原因であっても、止水対策を構ずる。 ②錆汁が出ている場合は、防錆対策後に止水対策を構ずる。 ③大量に湧水（止水セメントで一時止水ができる程度）している場合は、止水対策を構ずる。
	◇	止水対策の必要がない場合 ①エポキシ樹脂・ポリウレタン樹脂の注入 ②セメント系の注入（ドライアウトが生じない工法を選択） 注：原則として、V、Uカットモルタル充填は行わない。
	◇	広範に高い密度でひび割れが発生している場合 面として捉え、劣化因子の侵入を防止する対策をとる。 材料性能 防水性、高耐候性、高付着性、透気透湿性、水蒸気透過性を考慮した「表面被覆及び表面含浸被覆」が望ましい。

8. 参考文献から引用

8.1 日経コンストラクション2019年11月25号 「これではまずい橋の診断・補修」

建設コンサルタント会社の点検・診断結果には過剰判定

その「健全度Ⅲ」は妥当か？



一度、下した診断結果は覆せない。

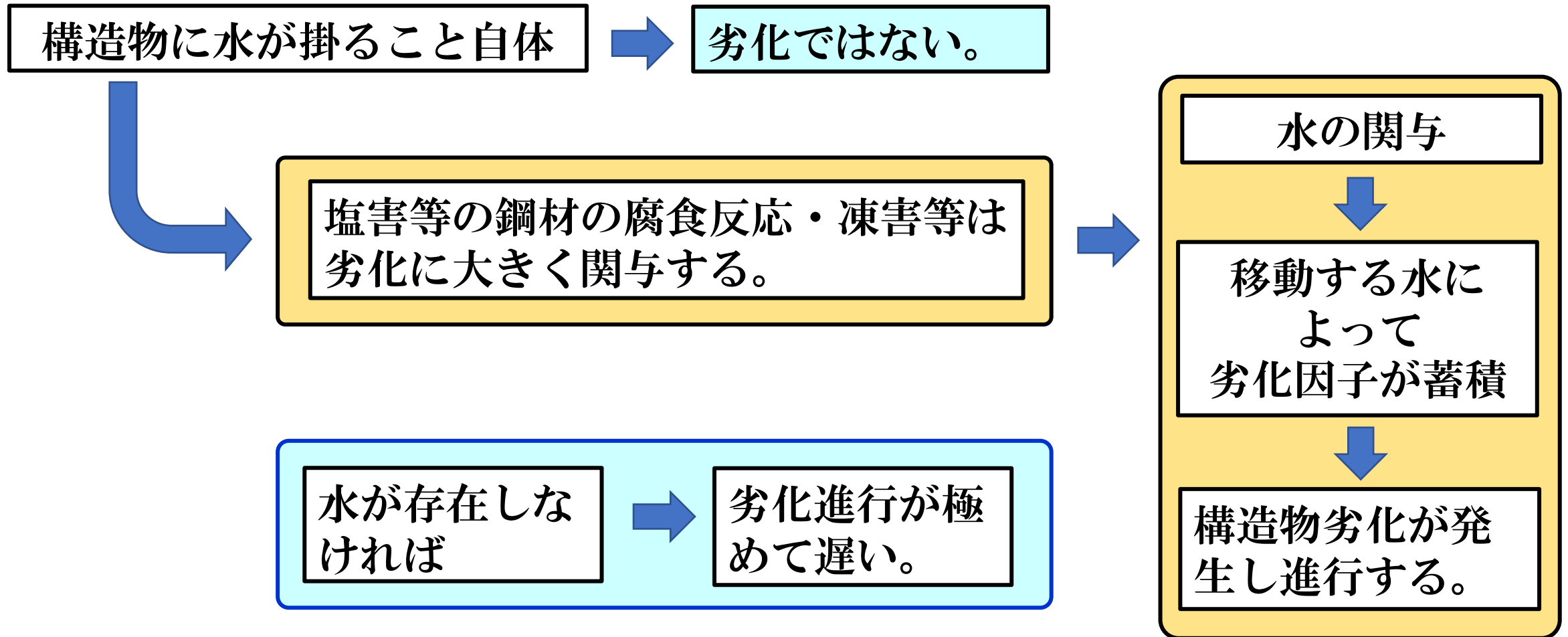


過大な補修設計を招いている。

橋の健全性を何のために調べているのか意識が統一されていない。

- | | |
|---|---------------------------------|
| ① | 橋の現状を把握したいのか。 |
| ② | 補修に費やす予算規模を調べたいのか。 |
| ③ | 設計や施工の仕事につなげるために厳しめの診断結果にしたいのか。 |

8.2 土木学会2018年制定「コンクリート標準仕様書 ～維持管理編」のP.34から抜粋



9. コンクリート構造物の劣化判断

劣化状態

劣化の進行スピードは遅い。

実際は、見た目より劣化していない。



- ・ 汚れ（バクテリア・苔など）、遊離石灰、ひび割れなどで過剰に劣化が促進していると錯覚する。
- ・ 劣化の深さは、ごく表層部分に留まっている。

但し、動く水に触れる部分では、 CaOH の溶脱速度は速くなる。

10. 劣化を遅らせる最善な補修とは

研って補修するよりも、研らないで現状のまま移動する水に触れさせない対策を行う。

- (1) 健全部を露出させる必要はない。
- (2) 断面補修は、補修材が劣化するまで延命する。
 - ・ 補修材は、基材と一体化していない。
 - ・ 強度を補完していない。
 - ・ 一時的な美観の回復である。
 - ・ 再劣化の進行が速い場合が多い。

11. おわりに

本報告で発表する内容の一部は、2016年5月に日本コンクリート工学会北海道支部で発刊した「積雪寒冷地におけるコンクリート補修工法の設計施工に関する研究報告書（委員長：北海道大学教授 横田弘氏）」に2年にわたる研究成果として纏められている。

コンクリート診断士の多くは、コンクリートの調査、診断および設計に携わってきているが、相当の年数を経過した既刊「指針、要領および仕様書等」に基づいて行われることが多いため、この研究報告書に記載されている内容の重要性が広まっていない。

そこで、その重要性の認識を深め、コンクリートの調査、診断および設計、さらに補修施工において、その知見を広めていくために、このような機会の場を借りて発表する次第である。

ご清聴ありがとうございました！